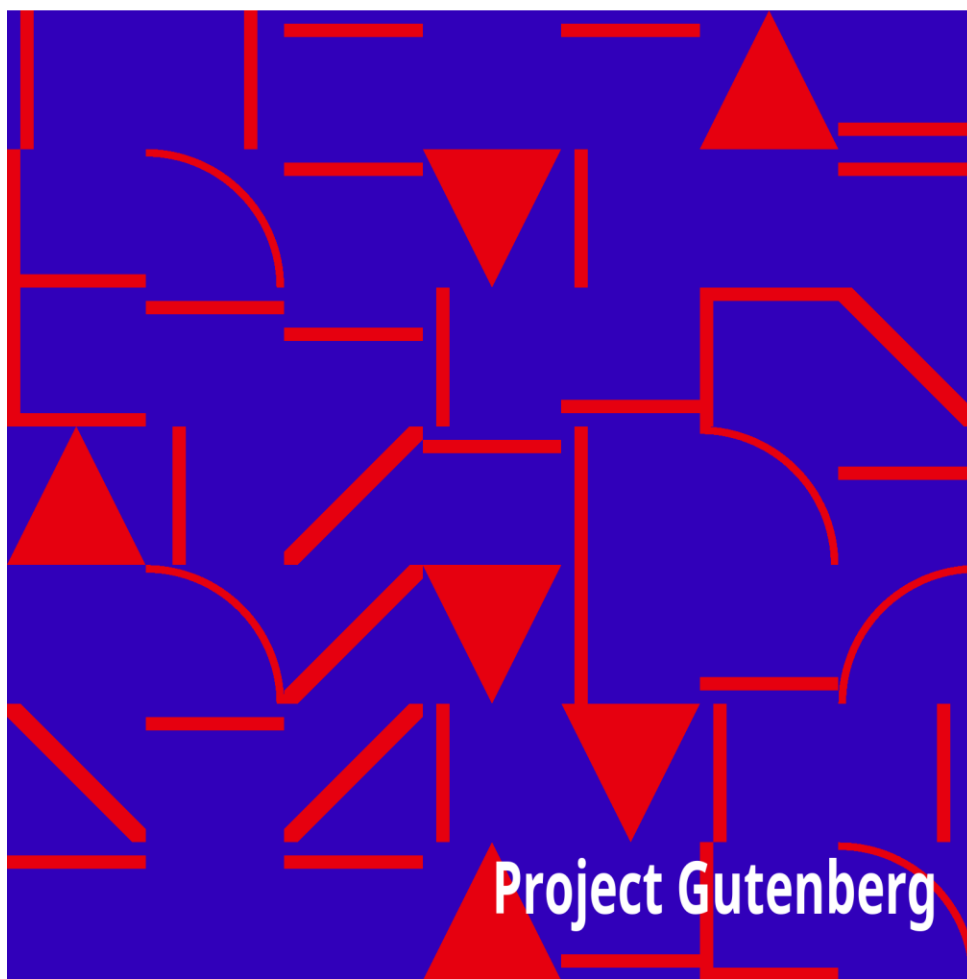


Самые ранние электромагнитные приборы

Роберт А. Чипман

The Earliest Electromagnetic Instruments

Robert A. Chipman



Электронная книга проекта "Гутенберг" о самых ранних электромагнитных приборах

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Самые ранние электромагнитные приборы

Автор: Роберт А. Чипман

Автор введения и др.: Фрэнк А. Тейлор

Дата выхода: 12 октября 2010 г. [Электронная книга № 34061]

Последнее обновление: 7 января 2021 г.

Язык: Английский

В титрах: Продюсерами выступили Крис Карноу, Джозеф Купер, Луиза Паттисон и команда онлайн-редакторов по адресу <https://www.pgdp.net>

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ГУТЕНБЕРГА "САМЫЕ РАННИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ" ***

Примечания переписчика:

Это статья 38 из бюллетеня 240 Национального музея США Смитсоновского института, включающая статьи 34-44, которые также будут доступны в виде полной электронной книги.

Первый материал, введение и соответствующие указатели из Бюллетеня включены в каждую электронную книгу на одной бумаге.

Исправления типографских ошибок подчеркнуты вот так. Наведите курсор мыши, чтобы просмотреть исходный текст.

СМИТСОНОВСКИЙ ИНСТИТУТ НАЦИОНАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ США БЮЛЛЕТЕНЬ 240



СМИТСОНОВСКИЙ ИНСТИТУТ

МУЗЕЙ ИСТОРИИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Материалы
от
Музея
истории и
технологии

Статьи 34-44

По науке и технике

СМИТСОНОВСКИЙ ИНСТИТУТ · ВАШИНГТОН, ОКРУГ Колумбия, 1966

Публикации Национального музея США

Научные публикации Национального музея США включают две серии: "Труды Национального музея США" и "Бюллетень Национального музея США".

В этих сериях Музей публикует оригинальные статьи и монографии, посвященные коллекциям и работе входящих в его состав музеев — Музея естественной истории и Музея истории и технологий, — в которых излагаются недавно приобретенные факты в области антропологии, биологии, истории, геологии и технологии. Экземпляры каждой публикации распространяются

среди библиотек, культурных и научных организаций, а также среди специалистов и других лиц, интересующихся различными темами.

Материалы, начатые в 1878 году, предназначены для публикации в отдельном виде более коротких статей из собрания Музея естественной истории. Они собраны в тома размером в октаво, причем дата публикации каждой статьи указана в оглавлении тома.

В серии Бюллетеней, первая из которых была выпущена в 1875 году, появляются более длинные отдельные публикации, состоящие из монографий (иногда в нескольких частях) и томов, в которых собраны работы по смежным темам. Бюллетени имеют размер октаво или кварто, в зависимости от потребностей презентации. С 1902 года статьи, относящиеся к ботаническим коллекциям Музея естественной истории, публикуются в серии бюллетеней под заголовком "Материалы Национального гербария США", а с 1959 года в бюллетенях, озаглавленных "Материалы Музея истории и технологии", собраны более короткие статьи, относящиеся к коллекциям и исследованиям этого музея.

Настоящее собрание материалов, статьи 34-44, включает бюллетень 240. Каждая из этих статей ранее публиковалась отдельно. Год публикации указан на последней странице каждой статьи.

Фрэнк А. Тейлор,
директор Национального музея США

Материалы Музея истории и технологий: Статья 38

Самые ранние электромагнитные приборы

Роберт А. Чипман

ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДО 1800 ГОДА [123](#)

ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛЬТОВОГО Или ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА, 1800-1820 [124](#)

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, 1800-1820 [125](#)

ОТКРЫТИЕ ЭРСТЕДА [126](#)

ЗАРОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ [126](#)

ХРОНОЛОГИЯ И ПРИОРИТЕТ [127](#)

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УМНОЖИТЕЛИ [129](#)

ВЫВОДЫ [135](#)

БЛАГОДАРНОСТИ [136](#)

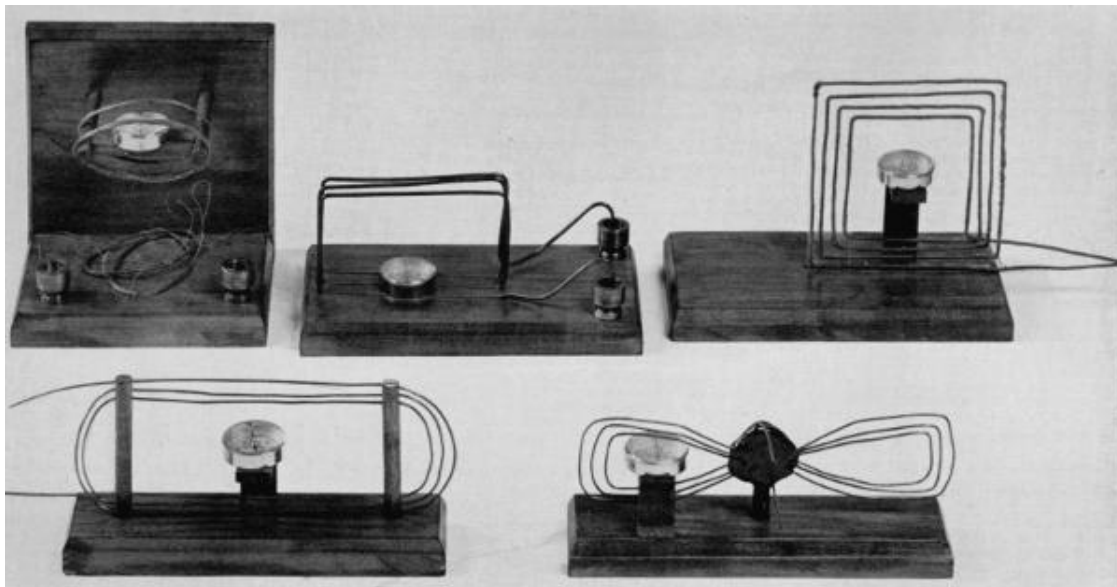


Рисунок 1. Модели различных электромагнитных приборов, созданные Швайггером, Поггендорфом и Каммингом в 1821 году, сделанные для выставки в Музее истории и технологий Смитсоновского института. (Смитсоновский институт, фото 49493.)

Роберт А. Чипман

САМЫЕ РАННИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРИБОРЫ

История ранних стадий электромагнитного приборостроения прослеживается здесь через людей, которые разработали теории и сконструировали приборы.

Несмотря на множество применений гальванических элементов после объявления Вольтой о своем изобретении "сваи" в 1800 году, прошло два десятилетия, прежде чем Эрстед обнаружил магнитные эффекты гальванической цепи. В результате этого и в течение пятимесячного периода трое мужчин, по-видимому, независимо друг от друга, объявили об изобретении "первого" электромагнитного прибора. В этой статье подробно рассматриваются их претензии на приоритет.

Автор: Роберт А. Чипман - заведующий кафедрой электротехники Толедского университета в Толедо, штат Огайо, и консультант Смитсоновского института.

Электростатические приборы до 1800 года

Фундаментальной предпосылкой приборостроения является то, что устройство для обнаружения или измерения физической величины может быть основано на любом явлении, связанном с этой физической величиной. Хотя приборостроение электростатики в 18 веке, например, полагалось в основном на явления притяжения и отталкивания, а также на вездесущие искры и другие светимости электричества трения, даже физиологическое ощущение удара электрическим током было использовано полуколичественно Генри Кавендишем в его хорошо известном предвосхищении исследований Ома. Аналогично, Вольта в 1800 г.[1] подробно описал, как нанесение его ворса на соответствующим образом размещенные электроды на веках, языке или в ухе вызывало стимуляцию органов зрения, вкуса и слуха; с другой стороны, он сообщил, что электроды в носу просто вызывали "более или менее болезненное" покалывание без ощущения запаха. К 1785 году было обнаружено, что выбросы из лейденских сосудов некоторых более крупных машин трения, таких как машина ван Марума в Лейдене, намагничивают куски железа и расплавляют длинные куски металлической проволоки.[2]

Полезными инструментами, появившимися в результате всего этого опыта, были различные отклоняющие "электрометры" и "электроскопы" (слова не были тщательно разграничены при использовании), включая важный электроскоп goldleaf, приписываемый Абрахаму Беннету в 1787 году.[3]

В 1786 году Гальвани впервые наблюдал подергивание лапок препарированной лягушки, вызванное разрядами находящейся поблизости электростатической машины, тем самым выявив еще один "эффект" электричества. Затем он обнаружил, что определенные соединения металлов, контактирующие с нервами лягушки, вызывают такое же подергивание, что подразумевает наличие чего-то электрического в ситуации "лягушка-металл" в целом. Хотя Гальвани и его племянник Альдини сделали из этих экспериментов ошибочные выводы, касающиеся "животного электричества", которые были оспорены Вольтой в его теории металлического контакта, с точки зрения приборостроения важно, что лягушачьи лапки, несомненно, были самым чувствительным детектором электрических эффектов металлического контакта, доступным в то время. Без их вмешательства развитие всей этой предметной области, включая создание химических элементов, могло бы затянуться на много лет. Сам Вольта понимал, что решающий тест между его теорией и теорией Гальвани требовал подтверждения существования электричества при контакте с металлом каким-либо электрическим, но нефизиологическим детектором. Он успешно провел этот тест с помощью электроскопа, используя технику "конденсации", которую изобрел более десяти лет назад.

Приборы для измерения напряжения или гальваники, 1800-1820

В своем знаменитом письме от 20 марта 1800 года, написанном на французском языке из Комо, Италия, президенту Королевского общества в Лондоне, Вольты впервые публично объявил как о своей “куче” (первый английский переводчик использовал слово “колонна”), так и о своей “короне чаш” (тот же переводчик использовал “цепочку чаш” для “*couronne de tasses*” Вольты). Первый состоял из вертикальной стопки круглых дисков, в которых последовательность медь-цинк-картон повторялась 10, 20 или даже целых 60 раз, при этом картон смачивался соленой водой. “Корону из чашек” удобнее всего было бы изготовить из стаканов для питья, сказал Вольты, с разделенными пластинами меди и цинка размером в квадратный дюйм, растворенными в соленой воде в каждом стакане, при этом медный лист в одном стакане соединяется каким-либо промежуточным проводником и припаивается к цинку в следующем стакане.

Вольты считал, что “корона чаш” и “стопка” по существу идентичны, и в качестве доказательства электрической природы последней сказал:

... если он содержит около 20 таких слоев или пар металла, он будет способен не только излучать признаки электричества с помощью электрометра Кавалло с помощью конденсатора на расстоянии более 10 ° или 15 ° и заряжать этот конденсатор простым касанием, чтобы заставить его испускать искру и т.д., Но и давать пальцам, к которым прикасались его концы (нижняя и верхняя части колонки), несколько небольших толчков, более или менее частых, в зависимости от того, повторялось ли прикосновение. Каждый из этих толчков имеет совершенное сходство с легким толчком, испытываемым от слабо заряженной лейденской фляги, или еще более слабо заряженной батареи, или торпеды в чрезвычайно разряженном состоянии, которые еще лучше имитируют действие моего прибора за счет серии повторяющихся толчков, которые он может передавать непрерывно.[4]

Таким образом, “эффектами”, создаваемыми ворсом и коронкой чаш Volta, являются отклонение электроскопа, искры и удары. Далее в письме он описывает стимуляцию зрения, вкуса и слуха, как отмечалось ранее, но нигде не упоминает о каких-либо химических явлениях или нагревании провода, соединяющего клеммы обоих устройств. Следовательно, за исключением дополнительных физиологических реакций, он ничего не добавляет к каталогу наблюдений, на которых могли бы основываться инструменты. Его знакомство с настройками торпеды (электрического угря) кажется интимным.

Прочтение письма Вольты Королевскому обществу 26 июня 1800 г., его публикация в “*Philosophical Transactions*” Общества (на французском языке) сразу после этого и его публикация на английском языке в “*Philosophical Magazine*” за сентябрь 1800 г.,[5] дали ученым всей Европы легко сконструированный и непрерывно работающий электрический генератор, с помощью которого были созданы бесчисленные новые физические, химические и можно было бы проводить физиологические эксперименты. Инженер-редактор Уильям Николсон прочитал письмо Вольты перед его публикацией, и к концу апреля он и хирург Энтони Карлайл соорудили вольтову батарею. Применив каплю воды для улучшения “соединения” провода, лежащего на металлической пластине, они случайно заметили пузырьки газа, образующиеся на проводе, и продолжили наблюдение до такой степени, что выявили электрическое разложение воды на водород и кислород.

В течение двух-трех лет были описаны бесчисленные электрохимические реакции, некоторые из которых, можно подумать, могли бы послужить принципами работы электрических приборов. Хотя явления газообразования и осаждения металлов фактически широко использовались в качестве грубых индикаторов полярности и относительной силы гальванических элементов и химических элементов в период 1800-1820 годов (а пузырьки газа были положены в основу телеграфного приемника С. Т. Земмерингом), количественные законы электролиза были разработаны Фарадеем только после 1830 года, и только в 1834 году он убедился, что электролитическое разложение воды было достаточно хорошо изучено, чтобы стать основой для полезного измерительного прибора. Описывая свое устройство для электролиза воды в том году, он писал:

Этот прибор предлагает единственный *реальный измеритель* [курсив его] вольтовой энергии, которым мы в настоящее время располагаем. Ибо, совершенно не подверженный влиянию изменений во времени или интенсивности, или изменений в самом токе любого рода или по какой-либо причине, или даже перерывов в действиях, он с точностью фиксирует количество электричества, которое прошло через него, и выявляет это количество путем проверки; поэтому я назвал его ВОЛЬТАЭЛЕКТРОМЕТРОМ.[6]

Попутно Фарадей отметил, что попытки Гей-Люссака и Тенара использовать химическое разложение в качестве “меры электричества вольтовой батареи” в 1811 году были преждевременными, поскольку тогда не были известны соответствующие “принципы и меры предосторожности”. Он также отметил, что детали *осаждения металла* при электролизе все еще недостаточно изучены, чтобы разрешить его использование в инструменте.[7]

Нагрев проводов в электрических цепях, должно быть, наблюдался так рано и так часто как с помощью электростатических, так и с помощью электрических устройств, что никто не потрудился определить приоритеты этого “эффекта”. Однако производство ламп накаливания и еще более сильное горение или “взрыв” полос металлической фольги и тонкой проволоки имеет богатую письменную историю. Одним из первых, кто обжег листовой металл с помощью гальванической лампы, был Дж. Б.Тромсдорф из Эрфурта, который в 1801 году заметил отчетливо различающиеся цвета пламени, производимого различными распространенными металлами. В последующие несколько лет Хамфри Дэви из Королевского института часто на своих публичных лекциях показывал провода, светящиеся от электрического тока.

Ранние электрические приборы, основанные на эффекте нагрева, имели необычную форму. Вскоре после 1800 года У. Х. Волластон, английский доктор медицины, изучил метод получения ковкой платины. Он держал процесс в секрете и в течение нескольких лет пользовался чрезвычайно прибыльной монополией на продажу платиновых тиглей, проволоки и других предметов. Примерно в 1810 году он изобрел технологию получения платиновой проволоки диаметром всего в несколько миллионных долей дюйма, которая с тех пор известна как “проволока Волластона”. В течение нескольких лет, предшествовавших 1820 году, ни один другой инструмент не мог сравнить “силу” двух гальванических элементов лучше, чем испытание соответствующих максимальных длин этого провода, которые они могли нагреть до плавления. Можно сослаться на комментарий Камминга в 1821 году о “трудности пайки проводов, которые едва видны”. [8]

Электрические приборы, 1800-1820

20 лет, последовавшие за объявлением об изобретении электрической батареи, были годами интенсивной экспериментальной деятельности с этим устройством. Было открыто много новых химических элементов, были положены первые начала электрохимическому ряду элементов, электрическая дуга и платиновые провода накаливания предложили возможности электрического освещения, а различные электрохимические наблюдения обещали другие практические применения, такие как рафинирование металлов, нанесение гальванических покрытий и получение определенных газов в больших количествах. Исследователи прекрасно осознавали, что все доступные средства для измерения и сравнения *электрических* аспектов их экспериментов (какими бы расплывчатыми ни были эти “электрические аспекты”) были медленными, неуклюжими, неточными и ненадежными.

Атмосфера была такой, что видные ученые повсюду были готовы немедленно наброситься на любое сообщение об открытии нового электрического “эффекта”, чтобы исследовать его потенциальные возможности для инструментальных целей. В эту восприимчивую среду 21 июля 1820 года Г. К. Эрстед объявил о магнитных эффектах вольтовой цепи.^[9]

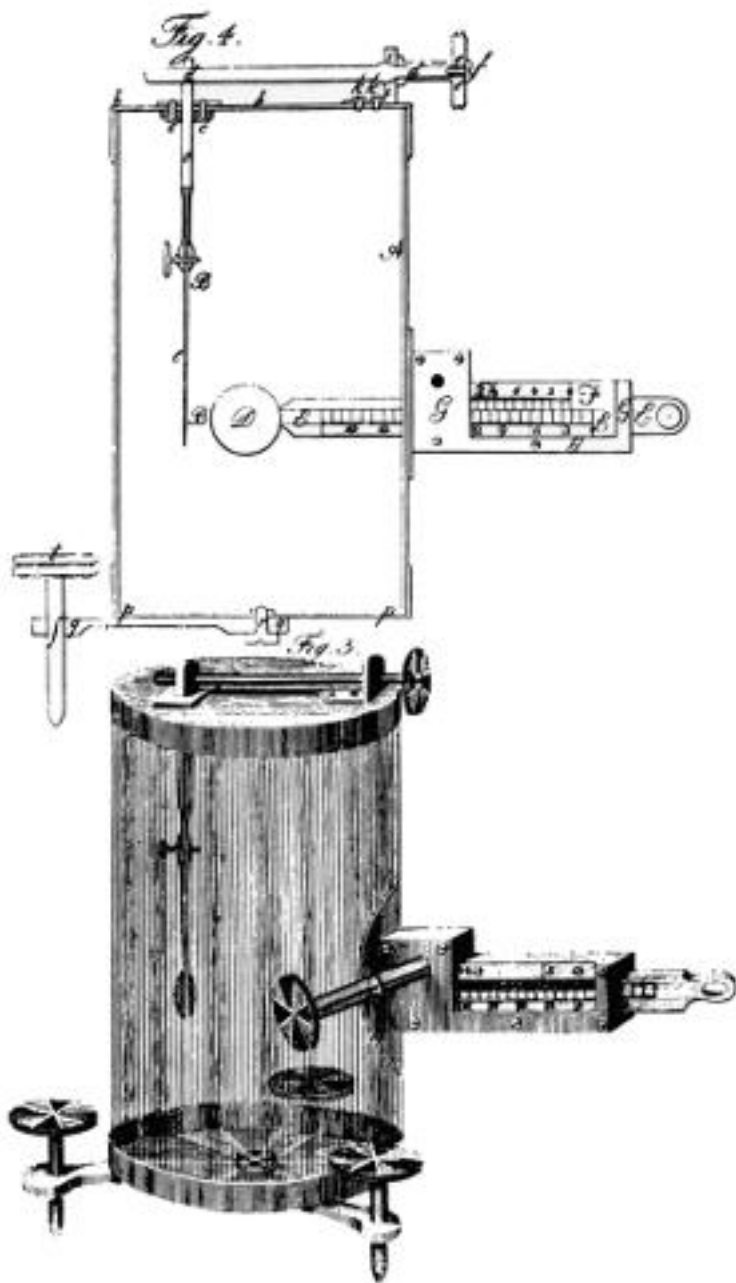


Рисунок 2. “Гальванометр” — название, данное Бишофом этому электростатическому прибору goldleaf в 1802 году, за 18 лет до того, как Ампер соединил это слово с использованием электромагнитного эксперимента Эрстеда в качестве индикаторного устройства.

Открытие Эрстеда

Многие авторы выражали удивление по поводу того, что при всем использовании гальванических элементов после 1800 года, включая огромные элементы, которые производили электрическую дугу и испаряли провода, никто за 20 лет не заметил отклонения какой-либо из неизбежных стрелок компаса, которые были основным компонентом научного оборудования, находящегося в распоряжении любого экспериментатора в то время. И все же так оно и

случилось. Удивление становится еще большим, когда понимаешь, что многие современные натурфилософы были твердо убеждены, даже при отсутствии положительных доказательств, что между электричеством и магнетизмом *должна* существовать связь. Сам Эрстед придерживался последнего мнения и в течение нескольких лет более или менее целенаправленно искал электромагнитные связи, прежде чем сделал свои решающие наблюдения.

Его знакомство с предметом было таким, что он полностью оценил огромную важность своего открытия. Этим объясняется использование им довольно необычного метода публикации. Вместо того чтобы отправить письмо в научное общество или отчет редактору журнала, он частным образом напечатал четырехстраничную брошюру с описанием своих результатов. Это он одновременно разослал ученым обществам и выдающимся ученым по всей Европе. Написанная на латыни, статья была опубликована в различных журналах на английском, французском, немецком, итальянском и датском языках в течение следующих нескольких недель.^[10]

Подводя итог, он сообщил, что стрелка компаса испытывала отклонения, когда ее помещали рядом с проводом, соединяющим клеммы вольтовой батареи. Он полностью описал, как направление и величина отклонения стрелки менялись в зависимости от относительного положения провода и полярности батареи, и заявил: “Из приведенных выше фактов мы также можем заключить, что этот конфликт совершает круги” комментарий Эрстеда о том, что используемое электрическое устройство должно “быть достаточно сильным, чтобы раскалить металлическую проволоку докрасна”, не оправдывает 20-летнюю задержку открытия.

Зарождение электромагнитного приборостроения

Простое расположение стрелки компаса над или под соответствующим образом ориентированным участком электрической цепи привело к созданию электрического прибора в тот момент, когда стал известен “эффект” Эрстеда, и именно этому основному сопоставлению Ампер быстро дал название гальванометра.^[11] Однако нельзя сказать, что ученые того времени были согласны с тем, что этот прибор обнаруживал или измерял “электрический ток”. Сам Вольт упоминал “ток” в своих оригинальных схемах, и Ампер свободно и уверенно использовал это слово в своих электродинамических исследованиях 1820-1822 годов, но Эрстед не использовал его первым, и многие немецкие физики, которые следили за его работой, избегали его в течение нескольких лет. Еще в 1832 году Фарадей смог сделать лишь довольно уклончивое заявление: “Под током я подразумеваю все прогрессивное, будь то электрический поток, вибрации или вообще прогрессивные силы”.^[12]

Тем не менее, какие бы слова или концепции они ни использовали, экспериментаторы согласились с тем, что прибор Эрстеда обеспечивает метод контроля “мощности” электрической цепи и средство сравнения, например, одной электрической батареи или схемы с другой.

Из брошюры Эрстеда было совершенно ясно, что если стрелка компаса отклоняется по часовой стрелке, когда провод определенной электрической цепи проходит над ней в магнитном меридиане, то та же стрелка *также* будет отклоняться по часовой стрелке, если провод повернуть встык и поместить *под* стрелкой компаса, не изменяя остальную часть цепи. Любой, кто осознает этот факт, может сделать логический вывод, что если провод схемы сначала провести над иглой в магнитном меридиане, затем свернуть и вернуть по параллельному пути

под иглой, отклоняющее воздействие на иглу повторится, и появится более чувствительный индикатор, при условии, что любой введенный дополнительный провод не оказал чрезмерного воздействия на “схему”.

С 1821 года исторические отчеты о происхождении электромагнетизма, по-видимому, ограничивают свои заслуги в концепции и наблюдении этого электромагнитного эффекта “удвоения” (или эффекта “умножения”, если сворачивание повторяется) тремя лицами. Однако почти без исключения эти отчеты не дают никакой конкретной информации относительно того, чего именно достиг каждый из этих троих, какую физическую форму приняли их соответствующие творения, какие эксперименты они проводили и какое функциональное понимание ситуации они, по-видимому, имели. Обычное утверждение состоит просто в том, что стрелка компаса была помещена в моток проволоки.^[13] Основная цель настоящего обзора - рассказать о некоторых из этих деталей.

Ниже приведены три кандидата, чьи имена по-разному ассоциируются с “изобретением” первого сконструированного электромагнитного прибора, или “умножителя”, или примитивного гальванометра.

Иоганн Саломо Кристоф Швайггер (1779-1857) в 1820 году уже несколько лет был редактором журнала *"Химия и физика"* и профессором химии в Университете Галле.

Иоганн Кристиан Поггендорф (1796-1877) в 1820 году лишь недавно поступил в Берлинский университет в качестве студента после нескольких лет работы учеником аптекаря и короткого периода работы аптекарем. Четыре года спустя он сменил Гилберта на посту редактора влиятельного журнала *"Аннален дер Физик"*, который он занимал более 50 лет.

Джеймс Камминг (1771-1861) в 1820 году был профессором химии в Кембриджском университете.

Хронология и приоритет

Самая ранняя установленная дата в записи “множителя” - 16 сентября 1820 года, когда Швайггер прочитал свой первый доклад Натурфилософскому обществу Галле. Кажется, нет причин сомневаться в том, что этот отчет оправдывает часто используемый термин “множитель Швайггера”.

В качестве яркой поддержки позиции Швайггера, Speter^[14] без упоминания Камминга и без намека на детали “изобретения” показывает, что Поггендорф в 1821 году признал приоритет Швайггера, но 40 лет спустя у него случился некоторый провал в памяти при написании разделов своего биографического словаря, оставив четкое предположение, что изобретение принадлежало ему. Дальнейшая путаница для последующих поколений возникла из-за некоторых двусмысленных записей в *Allgemeine Deutsche Biographie* 1888 года. Название “мультипликатор”, по-видимому, возникло не у самого Швайггера. Шпетер приписывает это Майнеке как “рабочему” редактору *Журнала Швайггера*, но Зеебек, похоже, использовал это гораздо раньше.^[15]

Признание приоритета концепции за Швайггером (Камминг не был реальным конкурентом в этом вопросе) не меняет того факта, что все трое, по-видимому, достигли своих результатов независимо друг от друга, что первая работа каждого из них по этому предмету была

опубликована в течение пяти месяцев, что существовали значительные различия в их концепциях использования и оптимальной конструкции их устройств и что между ними они обеспечили достаточную основу для последующей разработки гальванометра, который должен был стать основным электроизмерительным инструментом.

В вопросе публикации Швайггер, как редактор того, что в народе называлось *Журналом Швайггера*, имел очевидное преимущество и представил начало своих экспериментов на странице 1 первого тома своего *журнала* за 1821 год, опубликованного 1 января того же года.^[16] Статья Эрстеда вышла двумя томами ранее. Он начал с того, что назвал открытие Эрстеда “самым интересным из всех, которые были представлены за тысячелетнюю историю магнетизма”. На самом деле он был настолько впечатлен эпохальным характером достижений Эрстеда, что в память о них дал своему *журналу* второе название, чтобы “первый том” с новым названием мог начаться через год после публикации Эрстеда.

Поггендорф, будучи студентом относительно младшего курса, не имел такого легкого доступа к публичности, но у него был верный поклонник в лице одного из своих профессоров, Пола Эрмана из Берлинского университета. Эрман добавил семистраничный постскрипtum об изобретении Поггендорфа к своей книге *Очерк физических аспектов электрохимического магнетизма, открытого профессором Эрстедом*, опубликованный до апреля 1821 года,^[17] со вступительным абзацем:

Герр Поггендорф, который является одним из самых замечательных украшений лекционного зала и лаборатории здешнего университета, провел очень последовательное и хорошо продуманное исследование электрохимического магнетизма, шаг за шагом приведшее к методу усиления этого явления активности с помощью самого по себе.

Постскрипtum начинается со ссылки на “конденсатор [*Kondensator*], только что представленный моему вниманию герром Поггендорфом”, и объясняет, что он не может опубликовать свой трактат “без предварительного объявления об этом предмете высочайшей важности”. (Из текста можно сделать вывод, что название “конденсатор” было выбрано из-за того, что устройство улучшает магнитные измерения аналогично улучшению электрических измерений с помощью электростатического “конденсатора” Вольты.)

Сразу же после прочтения книги Швайггер опубликовал выдержки, в основном из постскриптума, с возмущенными комментариями по поводу небрежности Эрмана (или того хуже), не упомянувшего предыдущие работы Швайггера.^[18]

Однако Эрман был не одинок в своей неосведомленности, если это было так, об открытии Швайггера.

Соперничающий редактор Гилберт из *Annalen der Physik* дал гораздо более подробный отзыв об Эрмане, чем Швайггер, перепечатав большую часть постскриптума с явным энтузиазмом и заявив в своей преамбуле, что изобретение приписывается “молодому физическому, обучающемуся здесь, в Берлине, герру Поггендорфу”.^[19] Только в сноске читатель направляется к другой сноске в следующей статье тома, где Гилберт, наконец, заявляет, что он “не может оставить без внимания тот факт, что это усилительное устройство, по-видимому, принадлежит герру профессору Швайггеру”. Затем он довольно полно цитирует первые две статьи Швайггера.^[16] Эрстед в 1823 году объяснил ситуацию так: “Работа М. Поггендорфа, упомянутая в книге знаменитого М. Эрмана по электромагнетизму, опубликованной вскоре после ее открытия,

стала известна многим ученым раньше, чем работа М. Швейггера. Именно по этой причине один и тот же аппарат носит разные названия”.[20]

Та же путаница хорошо проиллюстрирована статьей, к которой Гилберт приложил свою конфессиональную сноску, упомянутую выше. Написанная профессором Рашигом из Дрездена 3 апреля 1821 года, статья озаглавлена “Эксперименты с электромагнитным множителем”, но на протяжении всей статьи устройство неоднократно упоминается во фразе “Конденсатор Поггендорфа, или, скорее, умножитель”, что является неудобным сочетанием, предполагающим редакторское вмешательство.[21]

Работа Джеймса Камминга в Кембридже описана в двух статьях, которые он прочитал в Кембриджском философском обществе в 1821 году, которые затем были должным образом опубликованы в *Трудах* этого Общества. Первая, “О связи гальванизма и магнетизма”, была прочитана 2 апреля 1821 г.,[22], а вторая, “О применении магнетизма как меры измерения электричества”, была прочитана несколькими неделями позже, 21 мая.[23]

Хотя он цитирует некоторые не связанные между собой эксперименты Риттера 18 века в Германии, публикацию Эрстеда 1807 года и электромагнитные эксперименты с соленоидами, проведенные Араго и Ампером в конце 1820 года, Камминг не упоминает Швайггера или Поггендорфа и никогда не использует слово “множитель”. Следовательно, представляется вероятным, что его работа была выполнена без знания немецких публикаций или изобретений.

Оригинальные Электромагнитные умножители

Из трех наборов инструментов, изготовленных, соответственно, Швайггером, Поггендорфом и Каммингом, инструменты Швайггера являются самыми элементарными и наименее реалистичными с практической точки зрения. Он не прилагает особых усилий для исследования влияния каких-либо конструктивных параметров, но представляет некоторые странные конфигурации проводников, которые включают незначительные вариации основного принципа. Следующие выдержки из его первых трех статей[13] содержат основные ссылки на его концепцию, конструкцию и использование его множителя.

ДОКЛАД, ПРОЧИТАННЫЙ В ГАЛЛЕ 16 сентября 1820 г.

Что для этих экспериментов требуется мощный источник напряжения (Эрстеда) Я подтвердил на своих лекциях по физике, что использую электрическую батарею, которая была настолько прочной, что легко производила металлический калий на второй и третий день после того, как она была построена. Однако вскоре я увидел, что электромагнитный эффект связан не со сваем, а с простой схемой, и это побудило меня провести эксперимент с гораздо большей чувствительностью. Чтобы усилить эти электромагнитные явления простой схемы, мне показалось необходимым применить устройство, отличное от того, которое было инициировано Вольтой, чтобы электрические явления его простой схемы могли быть доведены до более высокой степени.

Поскольку изменение эффекта происходит в зависимости от того, лежит ли соединительный провод над иглой или под ней, а также в зависимости от того, ведет ли провод от положительного или отрицательного полюса, отсюда я говорю, что легко сделать вывод о достижимости удвоения эффекта, что подтверждено на практике.

Я представляю Обществу простое “устройство для удвоения” [*Verdoppelungs-Apparat*], в котором компас помещается между двумя проводами, проходящими вокруг него. Многократное усиление эффекта легко достигается, когда проволока наматывается не один, а много раз. Однако достаточно одного оборота, чтобы продемонстрировать эксперименты Эрстеда с использованием небольших полосок цинка и меди, смоченных в растворе хлорида аммония.

Среди бесчисленных бессвязных теоретизирований (например, о том, что “гидрирование влияет на магнетизм так же, как окисление влияет на гальванизм”, или “сера, фосфор и углерод особенно важны для магнетизма, поскольку железо в сочетании с любым из этих легковоспламеняющихся материалов становится магнитом”) Швайггер объявляет, что он искал реактивную силу иглы на соединительном проводе в простом эксперименте Эрстеда и что он использовал свой “усиливающий аппарат” для поиска магнитных эффектов от электростатической машины, но безуспешно в обоих случаях. Он предполагает, что продолжит еще множество электромагнитных экспериментов, потому что “с использованием удвоителя игла, вместо того чтобы нуждаться для возбуждения в клетке, способной генерировать искры, более приближается к чувствительности подергивающегося нерва”. Однако “требуются дополнительные специальные эксперименты, чтобы определить, до каких пределов усиление может быть увеличено с помощью метода, который я разработал при конструировании этого удвоителя, с использованием нескольких витков проволоки”.

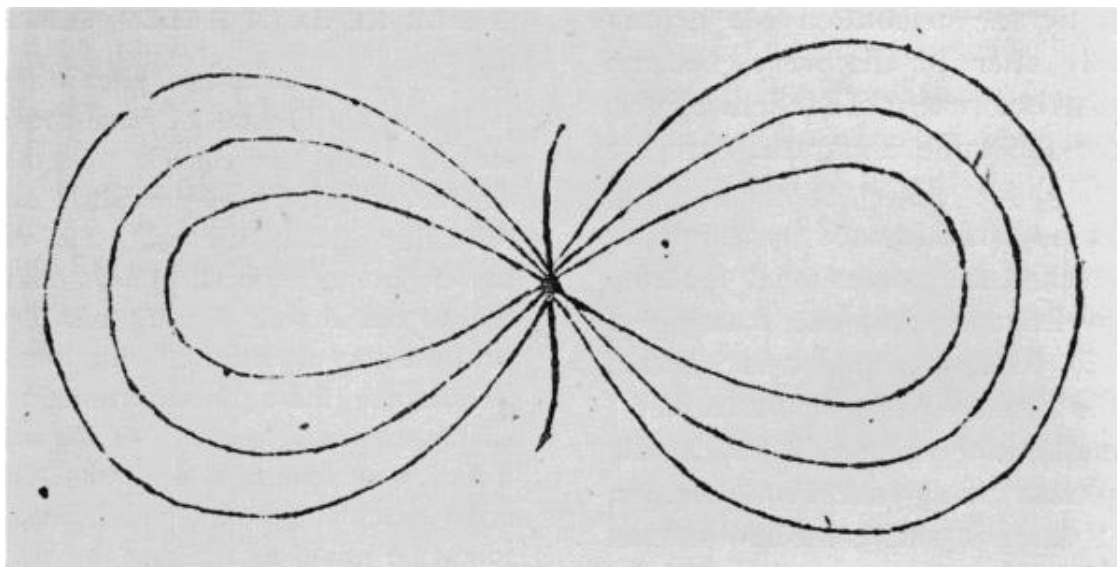


Рисунок 3. — Этот проволоочный “дугообразный рисунок” был первой иллюстрацией Швайггера к его “устройству для удвоения”, хотя он представил словесное описание устройства с одной катушкой несколько раньше. Цель рисунка банта состояла в том, чтобы показать, что стрелки компаса в центрах двух петель отклоняются в противоположных направлениях. (From *Journal für Chemie und Physik*.)

ДОКЛАД, ПРОЧИТАННЫЙ В ГАЛЛЕ 4 ноября 1820 г.

[В первой половине этой статьи описываются успешные наблюдения силы реакции магнитной стрелки на соединительный провод электрической цепи, достигаемые поворотом соединительного провода в виде латунных игл над и под стрелкой компаса. Хотя конфигурация

мультипликатора из иглы и проволоки действительно присутствует здесь, Швайггер не упоминает об этом, очевидно, рассматривая это как отдельный проект. Он продолжает.]

В своей лекции от 16 сентября я показал, что результаты Эрстеда зависят не от вольтовой ячейки, а только от соединительной цепи. Принцип, который я использовал для усиления эффектов, для создания, так сказать, электромагнитной батареи, заключался в намотке провода вокруг компаса, и теперь я представляю Обществу дугообразный образец многозамотного провода с восковой изоляцией, рисунок 3. [К первой статье Швайггера не было иллюстраций.] В то время как одиночный провод, использующий здесь слабую электрическую цепь, отклоняет магнитную стрелку всего на 30° или 40° , если компас поместить в одно из отверстий этого рисунка, стрелка отклоняется на 90° к востоку или в другом отверстии на 90° к западу, используя ту же самую слабую электрическую цепь

Устройство с “дугообразным рисунком” представляет интерес только для новизны, ничего не добавляя к объяснению феномена мультипликатора. То же самое верно и для следующего предложения Швайггера, показанного на рисунке 4 “... Теперь я добавлю еще одно устройство, которое является просто продолжением предыдущего, с помощью которого стрелка может принимать любой угол от 0° до 180° . ” Короткая круглая стеклянная трубка с внутренним диаметром, достаточно большим, чтобы вместить стрелку компаса, расположена вертикальной осью и имеет одну или несколько проволочных петель, намотанных на нее в вертикальных диаметральных плоскостях. На рисунке последовательные плоские катушки наклонены друг к другу под углом 30° . “... электрический ток протекает по всему проводу, и игла движется под действием всех этих токов и, всегда входя в другую петлю, может принимать любой желаемый угол”.

Продолжая теоретизировать о “корреляции магнетизма со сцеплением тел”, Швайггер снова излагает свою оценку своего открытия: “Эрстед преуспел в электромагнитных исследованиях, используя искрообразующий элемент, который мог заставлять проволоку светиться. Моему усиливающему электромагнитному устройству требуется всего лишь слабая цепь из раствора меди, цинка и хлорида аммония.”[24]

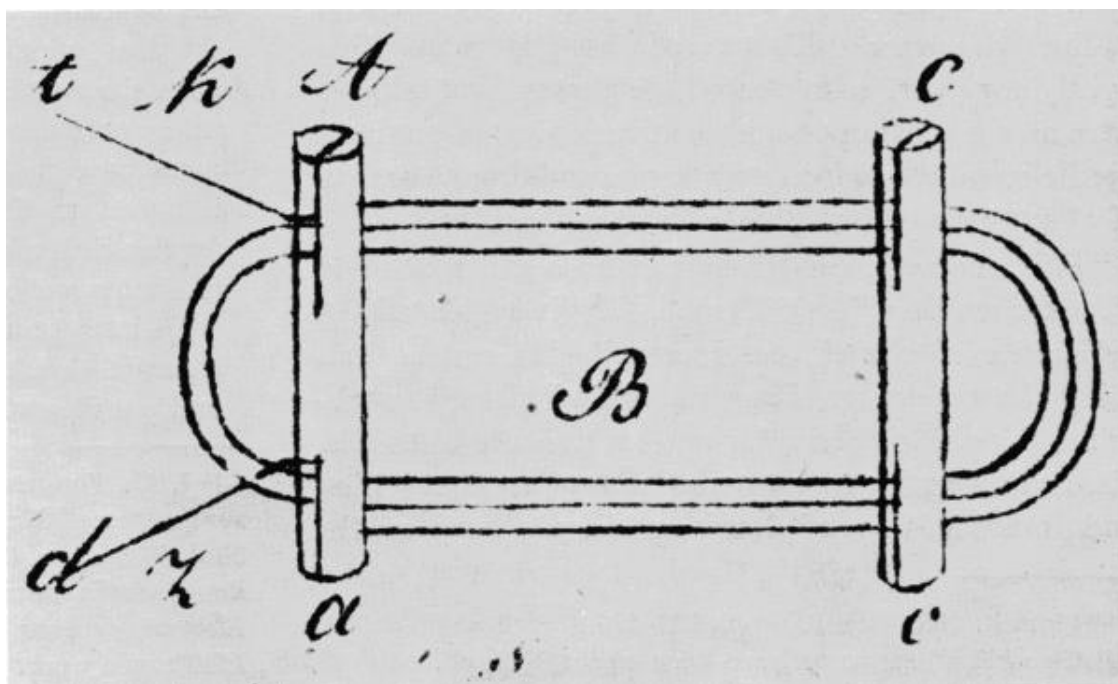


Рисунок 5.—Предложение Швайггера об одной из возможных конструкций усилительного электромагнитного индикатора. Компонентами являются деревянные стержни и изолированный провод. Позиция b, упомянутая в тексте, находится внизу диаграммы между буквами a и c. (ИзЖурнала по химии и физике.)

“ЕЩЕ НЕСКОЛЬКО СЛОВ О НОВЫХ МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЯХ”

[Предположительно, это было написано между 4 ноября 1820 года и 1 января 1821 года, датой публикации его журнала.]

Эти замечательные новые электрические эффекты[25] легче всего воспринимаются с помощью ранее описанных проволоочных петель. Чтобы заострить внимание только на одной из витков, изображенных на рисунке 3, мы набросаем новый чертеж, рис. 5.... Поскольку очень важно, чтобы эти петли были сделаны из покрытой шелком проволоки, равномерно лежащей друг на друге, удобно наматывать петли на две небольшие деревянные палочки с прорезями, хотя также можно скрепить проволоки воском или шеллаком или связать их вместе упорядоченным образом шелковой нитью

На рисунке 5 Aa и Cc изображают маленькие деревянные стержни с прорезями, на которые намотана проволока, покрытая шелком. На рисунке показано только три обмотки, но обычно я использую в три раза больше. Теперь t соединен с медью, а d - с цинком, а компас B установлен между стержнями Aa и Cc с катушкой, перпендикулярной магнитному меридиану, и выводами d, t на востоке.

В тот момент, когда Z и K погружаются в раствор хлорида аммония, стрелка поворачивается и остается на северном полюсе, направленном на юг

Если теперь компас снять с катушки и перевести в положение b, все эффекты будут обратными и значительно слабее по очевидным причинам

Одинаково важно, переносим ли мы компас из пункта В В на рисунке 5 или из ячейки 1 в ячейку 2 на рисунке 3, только в последнем случае, поскольку компас закрыт двумя сторонами, получается более сильный эффект

Если теперь катушка вращается ... так что лицо, ранее обращенное на север, теперь обращено на юг, тогда при подключении электрической цепи на игле не остается абсолютно никаких следов воздействия, при условии, что клеммные провода не поменяны местами

Кажется излишним отмечать, что наша магнитная катушка может располагаться в направлении магнитного меридиана или под любым произвольным углом к нему

После нескольких страниц дальнейших рассуждений о связи “когезии с магнетизмом” и об “униполярных и биполярных проводниках” единственным дополнительным интересным моментом является наблюдение, что разряды лейденской банки (*клейтихенской склянки*), достаточно сильные, чтобы прожечь полоски листового золота и намагнитить железный стержень в катушке, не вызывали отклонения стрелки компаса даже с помощью “усилительного устройства”.

Таким образом, Швайггер достаточно ясно описал основную идею множителя в своей первой статье, но не предлагал набросков простейшей конструкции до третьей статьи. Тем временем во второй статье он проиллюстрировал две своеобразные конструкции, использующие этот принцип менее элементарными способами.

Его безразличие к тому, лежат ли проволочные петли в магнитном меридиане (рис. 3) или перпендикулярно к нему (рис. 5) или “под любым другим произвольным углом к нему”, свидетельствует о недостаточной оценке возможностей измерительного прибора. Его концепция, по-видимому, в первую очередь представляет собой концепцию детектора.

Изобретение Поггендорфа, о котором впервые сообщил Эрман и представил более широкой аудитории Гилберт[26] было описано как состоящее из обычно от 40 до 50 витков покрытой шелком медной проволоки диаметром 1/10 линии, плотно связанных вместе, при этом вся она прижата с боков, образуя эллиптическое отверстие, в котором вращающаяся стрелка компаса могла свободно перемещаться, сохраняя зазор примерно в 2 линии от проволоки во всех точках.[27]

“Этот магнитный конденсатор может стать большим подспорьем для электрохимии”, - сказал Эрман, поскольку “он позволяет избежать всех трудностей, связанных с электрическими конденсаторами”. Он отметил, что, используя конденсатор, Поггендорф уже установил электрический ряд для большого числа тел, обнаружил различные аномалии проводимости и нашел способ обнаружения диссимметрии полюсов стрелки компаса. С другой стороны, даже с конденсатором до сих пор не удалось добиться магнитных эффектов от прочного турмалина или от сухого элемента Zamboni на 12 000 пар.

Собственный отчет Поггендорфа о своей работе в конце концов появился в виде очень длинной статьи в журнале, известном как “Изида Окена”. [28] Упомянутые ранее редакционные разногласия, возможно, стали причиной такого незначительного статуса периодического издания в области физики и химии.

Источник видения принципа мультипликатора Поггендорфом немного отличался от источника вдохновения Швайггера. Стремясь провести детальный анализ наблюдения Эрстеда, Поггендорф провел соединительный провод своей ячейки вдоль вертикальной линии чуть выше или ниже точки поворота стрелки компаса, затем, после поворота под прямым углом, горизонтально выше или ниже одного из полюсов стрелки. Изучая отклонения, возникающие при всех четырех возможных положениях такого провода с обеих полярностей ячейки, он пришел к пониманию, что если прямоугольная проволочная петля в вертикальной плоскости охватывает стрелку компаса, то все части горизонтальных сторон петли будут производить аддитивные отклонения. Отдельным экспериментом он показал, что вертикальные стороны петли также увеличат отклонения. В то же время он увидел, что эффект дополнительных поворотов будет кумулятивным.

Многократное окружение иглы проволокой, покрытой шелком, в плоскости, перпендикулярной длинной оси иглы, предоставляет физику очень простое и чувствительное средство обнаружения малейших следов гальванизма или производимого им магнетизма, так что я дал название магнитному конденсатору этой конструкции, хотя и не придаю этому названию особого значения ...

При анализе поразительно возросшей мощности, которую конденсатор придает магнитному эффекту цепи, первый вопрос, который возникает, заключается в том, как меняется эффект в зависимости от количества витков, увеличивается ли он бесконечно или достигает максимума, за пределами которого дополнительные витки не оказывают никакого эффекта. Ответ на этот первый вопрос связан с решением другого, а именно, являются ли градусы отклонения прямым выражением меры магнитной силы или нет.

Чтобы проинструктировать себя по этому вопросу, я использовал три отдельных контура, каждый из которых содержал 8-витковый конденсатор, и расположил их как можно ближе друг к другу в магнитном меридиане ... с иглой между обмотками. Каждая отдельная цепь... дала отклонение на 45° ... Когда два были соединены, отклонение составляло 60° , а когда, наконец, все три были приведены в действие магнитом, отклонение увеличилось всего до 70° . Из этого ясно следует, что угол отклонения не находится в простом соотношении с магнитной силой, действующей на иглу

Ни Поггендорф, ни Швайггер, по-видимому, не исключили, исходя только из логических соображений, возможность отклонения плоскости петли на магнитном меридиане более чем на 90° , хотя Поггендорф добавляет расплывчатое замечание о том, что если стрелка отклонится слишком далеко, она столкнется с силами противоположного знака.

Поггендорф поэкспериментировал с размером проводов схемы и обнаружил, что более крупные провода приводят к большим прогибам. Он отметил, что размер пластин ячейки и природа влажных проводников ячейки, безусловно, окажут большое влияние, но для их детального изучения потребуется неоправданно много времени, и поэтому он предложил сохранить эту часть устройства неизменной, используя одну пару цинковых и медных пластин диаметром 3,6 дюйма, разделенных тканью, смоченной в растворе хлорида аммония.

В основном количественном исследовании своего магнитного конденсатора Поггендорф использовал 13 идентичных катушек, каждая по 100 витков. Для того чтобы все витки

находились примерно на одинаковом расстоянии от иглы, катушки были намотаны из тончайшей латунной проволоки, которая могла быть изолирована шелком, диаметр проволоки составлял 0,02 линии. При добавлении катушек по одной поперек ячейки (т.е. Соединении их параллельно) отклонения были следующими:

Повороты	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
Отклонение в градусах	45	50	55	59-60	62	63	64	65	65-1/2	66	66	66	66

Добавив несколько катушек с меньшим количеством витков и соединив различные комбинации “как непрерывный процесс” (т.е. Последовательно), отклонения с использованием одной и той же ячейки были следующими:

Повороты	1	5	10	25	50	75	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Отклонение в градусах	10	22	27	30	35-40	40	40	40	40	40	40	41	40	40	40	40

Сделав несколько витков из проволоки диаметром 1/8 линии, прогибы, снова используя ту же ячейку, составили:

Повороты	5	25	50	100	Более 100
отклонений в градусах	20-22	40-45	45	65	65

Поскольку игла, использованная в этих экспериментах, была почти такой же длины, как внутренний зазор катушек, простой закон касательной не может быть применен, и найти эквивалентную схему в современных терминах невозможно. Однако постоянство отклонений при большом количестве витков в каждом случае указывает на то, что напряжение и сопротивление элемента были довольно постоянными, и грубая оценка предполагает, что сопротивление элемента было сопоставимо с сопротивлением одной из 100-витковых катушек тонкой проволоки. Такое значение означает, что сопротивление элемента ограничивало максимальные отклонения для параллельно подключенных умножителей, в то время как сопротивление катушки фиксировало предел в последовательном случае.

По всем этим причинам было невозможно получить из полученных данных какой-либо полезный функциональный закон.

Поггендорф пришел только к выводу, что “мощность усиления конденсатора увеличивается не безгранично, а имеет максимальное значение, зависящее от условий площади пластины и размера провода”. Он добавил два других важных комментария, полученных на основе различных наблюдений, а именно, что основное явление Эрстеда не зависит от земного магнетизма и что это явление локализовано, т. е. Не подвержено влиянию удаленных частей цепи.

Лишь небольшая часть статьи Поггендорфа посвящена разъяснению свойств конденсатора. Столько же внимания уделяется опровержению различных предложений, таких как предложения Берцелиуса и Эрмана, о распределении магнитной полярности в проводящем проводе для объяснения результатов Эрстеда. Более половины статьи описывает результаты, полученные при использовании конденсатора для сравнения проводимости и полярности

элементов в условиях, когда ранее никакого эффекта обнаружено не было. Примечательно наблюдение отклонений иглы в цепях, соединительные провода которых прерываются кусочками графита, диоксида марганца, различных соединений серы и т.д., материалов, которые ранее рассматривались как изоляторы в гальванических цепях. Поггендорф дает им название “полупроводниковые” (*хальб-Лейтер*).

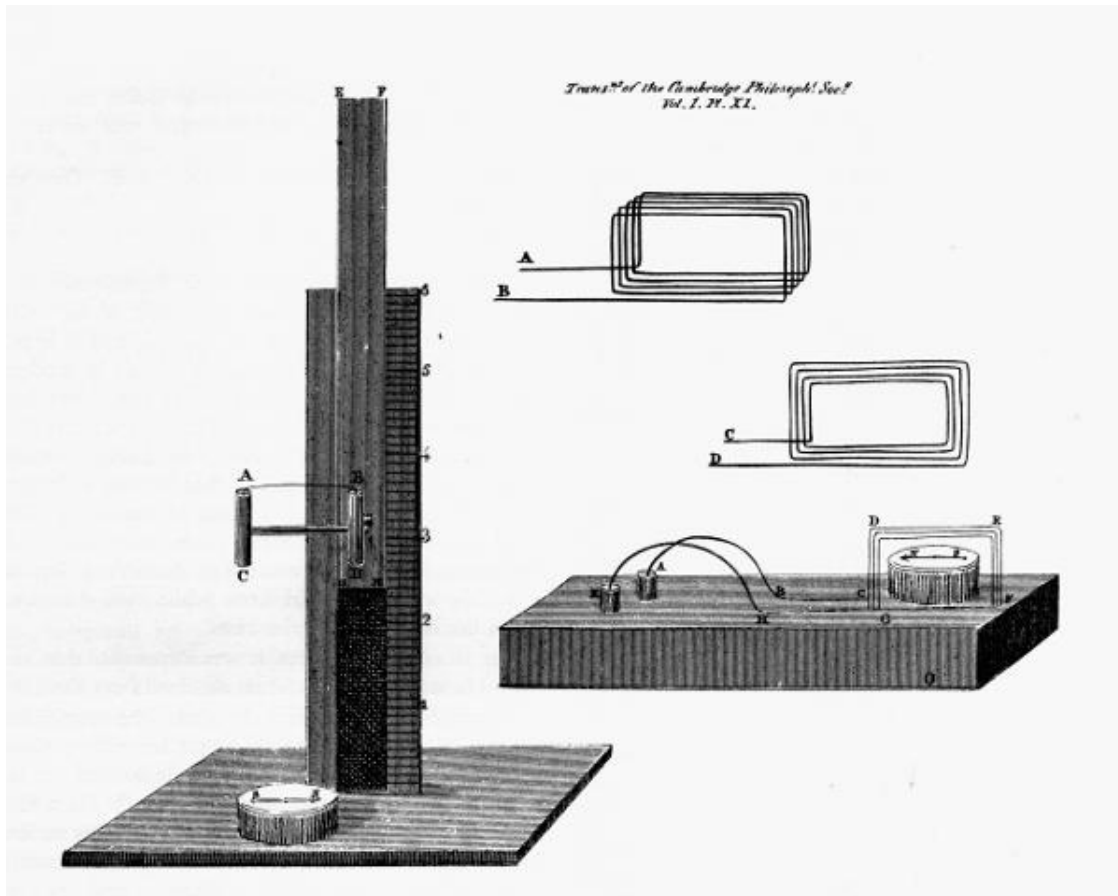


Рисунок 6.—Электромагнитные приборы Джеймса Камминга, использовавшиеся в Кембридже в 1821 году. Один из них представляет собой однопроводной “гальванометр”, следуя определению Ампера. Камминг назвал многовитковую конструкцию “гальваноскопами”. Он показал, как повысить их чувствительность за счет частичного подавления земного магнетизма в месте расположения стрелки компаса. (Из *Трудов Кембриджского философского общества*, том 1, 1821 г.)

Первое упоминание Камминга о феномене мультипликатора в его статье от 2 апреля 1821 г., [22] является довольно случайным и описывает только однооборотную конструкцию. Сначала он говорит об однооборотном кольце из толстой латунной проволоки, а после того, как отмечает, что стороны контура оказывают дополнительное воздействие на иглу, он замечает, что сплюснутая прямоугольная петля дает почти вчетверо больший эффект, чем одинарная проволока. Статья представляет собой в первую очередь обзор работы Эрстеда со ссылками на электромагнитные наблюдения до Эрстеда и отчетами о различных связанных, но не умножающих экспериментах, проведенных Каммингом. Его вторая статья от 21 мая содержит изящную табличку (рис. 6), иллюстрирующую механизмы, использованные при исследовании предмета статьи, озаглавленного “Применение магнетизма как мера электричества”. (Ни

Поггендорф, ни кто-либо из его комментаторов никогда не иллюстрировали свой “конденсатор”.)

Хотя эта пластина никогда не упоминается в самой статье, в “Описании” рядом дается несколько комментариев. Два показанных рисунка проводов отмечены просто как “спиральные формы для увеличения интенсивности электромагнитного излучения”. Установленная проволочная петля с закрытой стрелкой компаса и контактными ртутными чашечками явно идентична по принципу приборам Швайггера и Поггендорфа и называется “гальваноскопом”. Самая большая из изображенных структур не предполагает эффекта умножения. Она называется “гальванометр”, что согласуется с определением Ампера этого слова. Чтобы использовать его, два провода электрической цепи вставляются в ртутные стаканчики AC и BD, и плата EFGH, несущая стаканчики, перемещается вертикально до тех пор, пока стрелка компаса ниже не получит некоторого “стандартного” отклонения. Затем относительная “прочность” цепи определяется калиброванным положением скользящей секции. Неопределенности, несомненно, вносятся произвольным расположением соединительных проводов от тестовой схемы к ртутным чашкам, но Камминг сделал несколько интересных выводов из различных проведенных им измерений.

Наблюдая за отклонениями стрелки при различных положениях провода A-B с “постоянной” электрической цепью, он обнаружил, что “касательная отклонения изменяется обратно пропорционально расстоянию соединительного провода от магнитной стрелки”. Здесь представлена комбинация закона отклонения иглы в поперечном горизонтальном поле и закона магнитной силы для длинной прямой проволоки. Последнее было определено экспериментально Био и Саваром в ноябре 1820 года путем определения времени колебаний подвешенного магнита.[\[29\]](#)

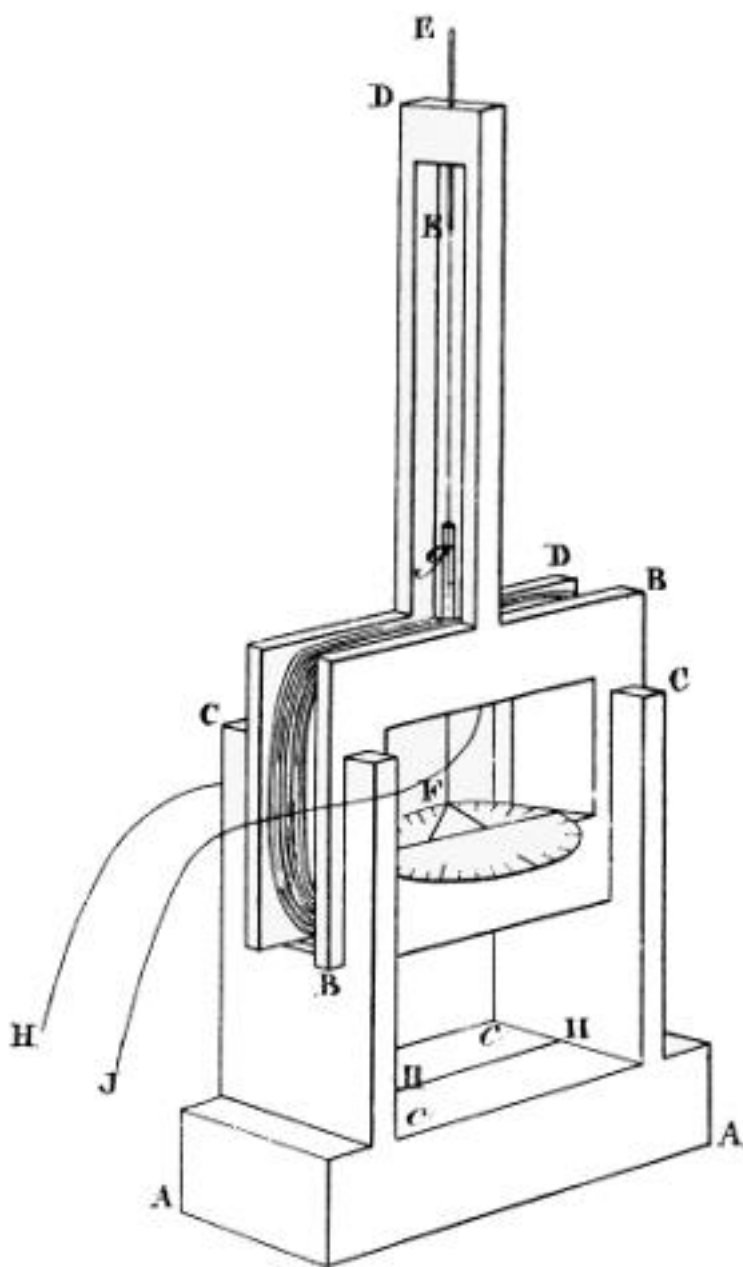


Рисунок 7. — “Множитель Швейггера”, использованный Эрстедом в 1823 году. Тонкая магнитная стрелка удерживается на легкой бумажной ленте в точке F, подвешенной на тонком вертикальном волокне. (From *Annales de Chimie et de Physique*.)

Камминг считает свой прямолинейный калиброванный “гальванометр” устройством для “измерения” гальванического электричества; с другой стороны, его многопоточные “гальваноскопы” предназначены для “обнаружения” гальванического электричества. С помощью прибора-мультипликатора он обнаружил гальванические эффекты (то есть отклонение иглы), используя медные и цинковые электроды с несколькими кислотами, которые, как ранее не было известно, создают гальваническое действие. Электрод из амальгамы калия и ртути создал мощный элемент с цинком в качестве положительного электрода, что

подтверждает как металлическую природу калия, так и тот факт, что это самый отрицательный из всех металлов.

В третьей статье, представленной 28 апреля 1823 г., [30] Камминг сообщает об использовании гальваноскопа в экспериментах по термоэлектрическим явлениям, недавно открытым Зеебеком. Его заметка о том, что “для более мелких эффектов в гальваноскопе использовался компас, нейтрализовавший земной магнетизм ...”, кажется, является самым ранним упоминанием этой версии астатического принципа, метода, драматические эффекты которого были особенно ценны в термоэлектрических схемах с низким сопротивлением, где дополнительное сопротивление дополнительных витков умножителя в значительной степени компенсирует их магнитный вклад. Подробно: “стрелка нейтрализуется путем помещения мощных магнитов на север и Юг на линии, совпадающей с ее центром; и другого, гораздо более слабого, на восток и Запад на некотором расстоянии над ней: с помощью первого стрелка устанавливается почти под прямым углом к меридиану, а регулировка завершается вторым”.

Изменяя длину соединительного провода схемы, Камминг обнаружил, что отклонения стрелки умножителя находятся почти в обратной зависимости. Он говорит о “проводящей способности провода” и, кажется, недалеко от того, чтобы наглядно представить закон Ома, опубликованная форма которого не появлялась до 1826 года. Собственные эксперименты Ома проводились с очень похожим оборудованием.

Выводы

Была предпринята попытка показать, что экспериментаторы-электрики до открытия Эрстеда в 1820 году отчаянно нуждались в каком-нибудь электрическом приборе для гальванических или вольтовых цепей, который сочетал бы чувствительность, простоту, надежность и быструю реакцию. Почти одновременное создание Швайггером, Поггендорфом и Каммингом устройства, состоящего из мотка проволоки и стрелки компаса, предоставило первую примитивную версию устройства для удовлетворения этой потребности.

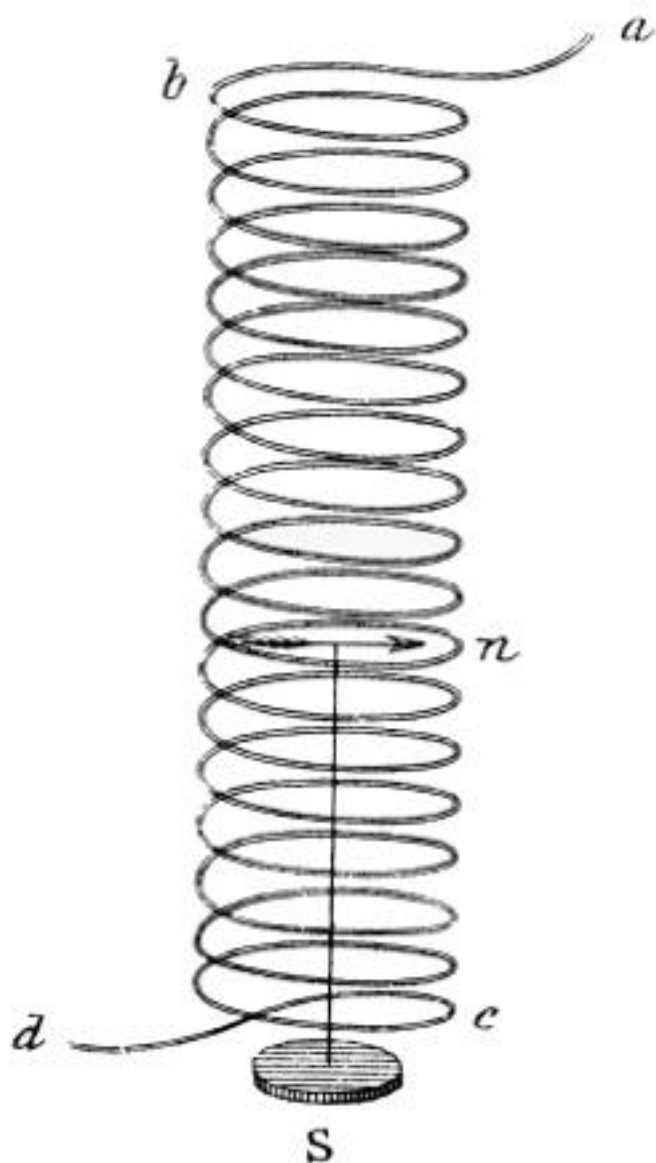


Рисунок 8. — Совершенно бесполезное устройство из вертикальной катушки и горизонтальной немагнитной иглы, представленное в *Эдинбургском философском журнале* за 1821 год как “Гальвано-магнитный конденсатор Поггендорфа”. Почти каждый аспект инструмента Поггендорфа был представлен неправильно.

Похоже, что Швайггер явно имеет право на абсолютный приоритет в открытии, но оригинальные источники предполагают, что как его понимание устройства, так и последующие исследования, которые он проводил с ним, были заметно хуже, чем у других независимых первооткрывателей. При использовании общего ярлыка “Множитель Швайггера” были исторические примеры приписывания Швайггеру значительно большей изощренности, чем это оправдано. На рисунке 7 показан прибор, разработанный Эрстедом в 1823 году,^[20] который, по его словам, “отличается лишь незначительными деталями от прибора М. Швайггера”. При сравнении рисунка 7 с рисунками 3, 4 или 5 замечание кажется чрезмерно щедрым.

В истории инструментов мультипликатора была изрядная доля ошибочных отчетов и вводящих в заблуждение подсказок. Прекрасным примером является иллюстрация на рисунке 8, взятая из того, что часто цитируется как первый отчет на английском языке о “Гальвано-магнитном конденсаторе” Поггендорфа.[31] набросок представляет собой интерпретацию редактором словесного описания, данного ему приезжим датским химиком, который, в свою очередь, получил информацию в письме от Эрстеда. Он включает в себя, в соответствии с описанием, “спиральную проволоку ... установленный вертикально, ”иглой“по оси спирали, ”однако из-за неправильного понимания осевых соотношений и отношения длины к диаметру витка получилось совершенно бессмысленное расположение. Путаница усугубляется указанием на немагнитную иглу.”

Швайггер и Поггендорф, благодаря своим редакторским должностям, были одними из самых известных европейских ученых на протяжении нескольких десятилетий. Так или иначе, их репутация прочно закрепилась. Однако сравнение рассказов о ранних “множителях” позволяет предположить, что преподобный Джеймс Камминг, профессор химии Кембриджского университета, был очень проницательным философом. Это хорошо понимал Дж. Т. Беттани, который написал в *Национальном биографическом словаре*, что ранние статьи Камминга, “хотя и чрезвычайно непритязательные”, были “вехами в электромагнетизме и термоэлектричестве”, и пришел к выводу, что: “Будь он более амбициозным и с менее неустойчивым здоровьем, его ясность, хватка и большая склонность к исследованиям могли бы вывести его в первый ряд первооткрывателей”.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Я хочу поблагодарить доктора Роберта П. Малтхауфа, председателя Департамента науки и технологий Музея истории и технологии Смитсоновского института, за поддержку при написании этого документа и за предоставленную возможность обратиться к соответствующим источникам. Я благодарен доктору У. Джеймсу Кингу из Американского института физики за множество провокационных дискуссий на эту и смежные темы.

СНОСКИ:

[1] А. Вольт, “Об электричестве, возбуждаемом простым контактом проводящих веществ различных видов”, *Философские труды Лондонского королевского общества* (1800), том 90, стр. 403-431.

[2] Некоторые малоизвестные, но восхитительные наблюдения в предыстории электромагнетизма описаны в письме, написанном Г. В. Шиллингом из Лондона в Берлинскую академию 8 июля 1769 г., опубликованном как “*Sur les phénomènes de l'Anguille Tremblante*” [*Новые воспоминания Академии Royale des Sciences et Belles-Lettres*, 1770 (Берлин, 1772), стр. 68-74], переведенный на французский с немецкого оригинала. В письме рассказывается о множестве экспериментов с различными электрическими угрями. Два наблюдения, представляющих электромагнитный интерес, заключаются в том, что можно было почувствовать дрожание куска железа, удерживаемого рукой в аквариуме с угрем, даже когда рыба неподвижно находилась в нескольких дюймах от него, а стрелка компаса показывала отклонение как в воде рядом с рыбой, так и за пределами аквариума, также при неподвижной рыбе.

[3] Абрахам Беннет, *Философские труды Лондонского королевского общества* (1787), стр. 26.

[4] Указ. соч. (сноска 1), стр. 403.

[5] *Философский журнал* (1800), том 7, стр. 289-311. [Факсимильную перепечатку см. в "Гальвани-Вольта" (Издание Бернской библиотеки Бернди Дибнера № 7), Норуолк, Коннектикут, 1952.]

[6] Майкл Фарадей, *Экспериментальные исследования в области электричества*, том 1 (Лондон, 1839), параграф 739, датированный январем 1834 года.

[7] Там же, с. 741.

[8] Джеймс Камминг, "О применении магнетизма как меры электричества", *Труды Кембриджского философского общества* (1821), том 1, стр. 282-286. [Также опубликовано в *Philosophical Magazine* (1822), т. 60, с. 253-257.]

[9] Х. К. Эрстед, *Эксперимент по электрическому эффекту конфликта в Acum Magneticam* (Копенгаген, 21 июля 1820 г.).

[10] Полная информация о работе и публикациях Эрстеда приведена в "Эрстед и открытие электромагнетизма" (Публикация Берн Дибнера в библиотеке Бернди № 18), Норуолк, Коннектикут, 1961. Оригинальная латинская версия и первый перевод на английский воспроизведены в *Isis* (1928), том 34, стр. 435-444.

[11] А. М. Ампер, *Анналы химии и телосложения* (1820), том 15, стр. 67. Слово "гальванометр" использовалось гораздо раньше Бишофом, "О гальванизме и его медицинских приложениях", *Медицинский и физический журнал* (1802), том 7, стр. 529, для обозначения электроскопа goldleaf, показанного здесь на рисунке 2, но это употребление слова, похоже, не было принято другими.

[12] Указ. соч. (сноска 6), параграф 283, датированный январем 1833 года. Аналогичное отношение было выражено в том же году Кристи, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (1833), т. 123, стр. 96: "Я использую слово current как удобный способ выражения ... но я не хотел бы рассматриваться как принимающий какие-либо теоретические взгляды на предмет"

[13] Некоторые яркие примеры такой краткости изложения приведены в работе Э. Хоппе "Руководство по электрификации" (Лейпциг, 1884); О. Мар, "Руководство по электротехнике" (Берлин, 1941); Р. С. Уиппл "Эволюция Гальвонометр", *Журнал научных инструментов* (1934), том 7, стр. 37-43; Уильям Стерджен, *Научные исследования* (Бери, 1850); А. У. Хамфриз, "Развитие концепции и измерение электрического тока", *Анналы науки* (1937), том 2, стр. 164-178.

[14] M. Speter, "Klärung der Multiplikator-Prioritätsfrage Schweigger-Poggendorf," *Zeitschrift für Instrumentenkunde* (1937) vol. 57, pp. 29-32.

[15] T. Seebeck, "Über den Magnetismus der Galvanischen Kette," *Abhandlungen der Koenigliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1820-1821), pp. 289-346. Фраза "множитель Швайггера" использована на странице 319. Многочисленные эксперименты, описанные в этой статье, мало

что добавили или вообще ничего не добавили к современной оценке множителя как инструмента.

[16] J. S. C. Schweigger, *Journal für Chemie und Physik* (1821), vol. 31, pp. 1-18, 35-42. Страницы 1-6 - это доклад, представленный в Галле 16 сентября 1820 года; страницы 7-18 - это доклад, представленный в Галле 4 ноября 1820 года, а страницы 35-42 - "несколько дополнительных слов". Предисловие ко всему тому датировано 1 января 1821 года. Несколько более раннее публичное объявление, касающееся открытия Швайггера, появилось в *Allgemeine Literatur-Zeitung* (ноябрь 1820 г.), № 296, cols. 622-624, но в нем не хватало подробностей, и, похоже, никто из ученых его не заметил.

[17] P. Erman, *Umriss zu den physischen Verhältnissen des von Herrn Prof. Oersted entdeckten elektro-chemischen Magnetismus* (Berlin, 1821). Хоппе (сноска 13) утверждает, что книга Эрмана была опубликована в мае; однако на нее упоминается в письме Рашига от 3 апреля 1821 г., "Аннален дер Физик" (1821), том 67, стр. 427-436.

[18] Указ. соч. (сноска 16), том 32, стр. 38-50.

[19] *Аннален дер Физик* (1821), том 67, стр. 382-426, и сноска на страницах 429-430 того же тома. Сноска сопровождает статью Рашига, упомянутую в сноске 17.

[20] H. C. Oersted, "Sur le Multiplier electro-magnetique de M. Schweigger, et sur quelques applications qu'on en a faites," *Annales de Chimie et de Physique* (1823), vol. 22, pp. 358-365.

[21] "Versuche mit dem electrisch-magnetischen Multiplicator," *Annalen der Physik* (1821), vol. 67, pp. 427-436.

[22] *Труды Кембриджского философского общества* (1821), том 1, стр. 269-278.

[23] Указ. соч. (сноска 8).

[24] Немецкое слово *Kette* повсюду переводится как "цепь". Хотя эквивалентность этих слов очевидна, например, в работе Ома 1826 года, контекст, в котором *Kette* иногда используется в 1820 и 1821 годах, указывает на то, что концепция "цепи" в смысле проводки, внешней по отношению к источнику электроэнергии, не была установлена. Проводка рассматривается скорее как нечто второстепенное, используемое для "закрытия" ячейки, при этом ячейка рассматривается, по сути, как целое устройство. Эта точка зрения лежит в основе многочисленных попыток соотнести феномен Эрстеда с материалами и дизайном ячеек, а также с использованием Эрманом и другими таких терминов, как "химический магнетизм".

[25] Здесь имеются в виду эксперименты типа Эрстеда, описанные в двух статьях других авторов, помимо Швайггера, на страницах с 19 по 34 тома.

[26] Указ. соч. (сноска 19), стр. 422-426.

[27] Одна "строка", кажется, была около 1/12 дюйма.

[28] J. G. Poggendorf, "Physisch-chemische Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Magnetismus der voltaischen Säule," *Isis von Oken* (1821), vol. 8, pp. 687-710. Большая часть числовых данных Поггендорфа также содержится в С. Н. Pfaff, "Об электромагнетизме" (Гамбург, 1824), наряду с некоторыми собственными работами Пфаффа.

[29] Сообщается в *Annales de Chimie et de Physique* (1820), т. 15, стр. 222-223.

[30] “О развитии электромагнетизма под действием тепла”, *Труды Кембриджского философского общества* (1823), том 2, стр. 47-76.

[31] “Отчет о новом гальвано-магнитном конденсаторе, изобретенном М. Поггендорфом из Берлина”, *Эдинбургский философский журнал* (июль 1821 г.), том 5, стр. 112-113.

ТИПОГРАФИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА США: 1964 г.

Выставлен на продажу Суперинтендантом документов, Типография правительства США, Вашингтон, Округ Колумбия, 20402—Цена 20 центов

Исправления переписчика:

Очевидные опечатки были исправлены следующим образом:

Страница 127: “значит, в магнитном меридиане” — было “меридан”.

Страница 128: “в основном постскрипtum, с” — было “постскрипtum”.

Страница 134: “бумага от 2 апреля 1821 г.[22] вполне” — значилось “1921”.

Страница 135: “термоэлектрические схемы, где” — было “thermoelectirc”.

Страница 135: “договоренность достигнута”. — последовало “предъявление обвинения”.

Страница 135: “Король Американского института физики”.— был “Физиком”.

Footnote 13: “*Geschichte der Elektrizität*”—had “Elektrizitat.”

Footnote 16: “*Journal für Chemie und Physik*”—had “and.”

Сноска 24: “Немецкое слово *Kette*” означало “работать”.

Сомнительные варианты написания были сохранены следующим образом:

Страница 125 и указатель: J. В. [Иоганн Бартоломакус] Тромсдорф — должно быть Иоганн Бартоломей Троммсдорф?

Страница 129: “сера, фосфор и углерод” — должно быть “фосфор”, но в цитируемом материале может быть допущена ошибка?

Сноска 20: “*Sur le Multiplier electro-magnetique*” — должно быть “Мультипликатор”?